



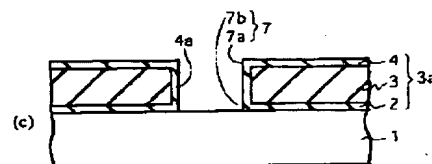
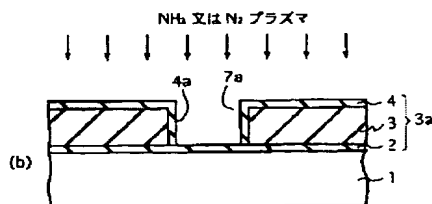
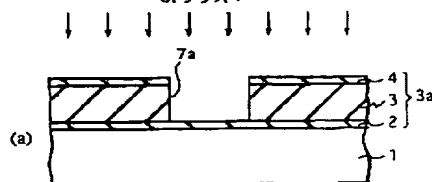
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001223267 A**(43) Date of publication of application: **17.08.01**(51) Int. Cl. **H01L 21/768**(21) Application number: **2000029387**(22) Date of filing: **07.02.00**(71) Applicant: **CANON SALES CO
INCHANDOTAI PROCESS
KENKYUSHO:KK**(72) Inventor: **SUZUKI TOMOMI
IKAKURA HIROSHI
MAEDA KAZUO
SHIOTANI YOSHIMI
OHIRA KOICHI**(54) **MANUFACTURING METHOD FOR
SEMICONDUCTOR DEVICE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing a semiconductor device in which a via hole or a contact hole is formed in an inter-layer insulation film of low permittivity.

SOLUTION: This method contains a process wherein a base insulation film 2 comprising a nitrogen-contained insulation film is formed on a substrate 1, a process wherein a porous insulation film 3 is formed on the base insulation film 2, a process wherein an opening part 7a is formed in an inter-layer insulation film 3a containing the base insulation film 2 and the porous insulation film 3, and a process wherein the surface of the inter-layer insulation film 3a and the inner surface of the opening part 7a are brought into contact with plasma of one out of ammonia gas, nitrogen gas and oxygen dinitride gas, to form a nitrogen-contained insulation film 4a on the surface of the inter-layer insulation film 3a and the side wall of the opening part 7a.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO
O₂ プラズマ

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3365554号
(P3365554)

(45) 発行日 平成15年 1 月14日 (2003. 1. 14)

(24) 登録日 平成14年11月 1 日 (2002. 11. 1)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/768

識別記号

F I

H 0 1 L 21/90

M

請求項の数11(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-29387(P2000-29387)
(22) 出願日 平成12年 2 月 7 日 (2000. 2. 7)
(65) 公開番号 特開2001-223267(P2001-223267A)
(43) 公開日 平成13年 8 月17日 (2001. 8. 17)
審査請求日 平成12年 2 月 7 日 (2000. 2. 7)

(73) 特許権者 390002761
キヤノン販売株式会社
東京都港区三田 3 丁目11番28号
(73) 特許権者 391007873
株式会社半導体プロセス研究所
東京都港区港南 2 - 13 - 29
(72) 発明者 鈴木 智美
東京都港区三田 3 - 11 - 28 キヤノン販
売株式会社内
(72) 発明者 猪鹿倉 博志
東京都港区三田 3 - 11 - 28 キヤノン販
売株式会社内
(74) 代理人 100091672
弁理士 岡本 啓三
審査官 菅野 智子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に下地絶縁膜を形成する工程と、
前記下地絶縁膜上にシリコン含有絶縁膜を形成し、前記
下地絶縁膜とシリコン含有絶縁膜とを含む層間絶縁膜を
形成する工程と、
前記層間絶縁膜のうち前記下地絶縁膜を残してエッチン
グし、開口部を形成する工程と、
前記シリコン含有絶縁膜を酸素ガスのプラズマに曝し、
前記シリコン含有絶縁膜を多孔質絶縁膜に変換する工程
と、
前記開口部の内部及び外部の多孔質絶縁膜の表面にアン
モニアガス、窒素ガス又は二窒化酸素ガスのうち何れか
一のガスのプラズマに接触させて、前記開口部の内部及
び外部の層間絶縁膜の表層に第 1 の窒素含有絶縁膜を形
成する工程と、

前記開口部を通して前記下地絶縁膜をエッチングにより
除去し、前記開口部の底部に前記基板を露出する工程と
を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】 基板上に下地絶縁膜を形成する工程と、
前記下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を形成し、少なくとも
前記下地絶縁膜と多孔質絶縁膜とを含む層間絶縁膜を形
成する工程と、
前記層間絶縁膜のうち前記下地絶縁膜を残してエッチン
グし、開口部を形成する工程と、
少なくとも前記開口部の内面にアンモニアガス、窒素ガ
ス又は二窒化酸素ガスのうち何れか一のガスのプラズマ
に接触させて、少なくとも前記開口部の内面の層間絶縁
膜の表層に第 1 の窒素含有絶縁膜を形成する工程と、
前記開口部を通して前記下地絶縁膜をエッチングにより
除去し、前記開口部の底部に前記基板を露出する工程と

を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を形成し、少なくとも前記下地絶縁膜と多孔質絶縁膜とを含む層間絶縁膜を形成する工程は、

前記下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を形成した後、さらに多孔質絶縁膜の表層に第2の窒素含有絶縁膜を形成し、前記下地絶縁膜と多孔質絶縁膜と前記第2の窒素含有絶縁膜とからなる層間絶縁膜を形成する工程であることを特徴とする請求項2記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を形成する方法は、前記下地絶縁膜上にシリコン含有絶縁膜を形成した後に該シリコン含有絶縁膜を酸素ガスのプラズマに曝す方法であることを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 前記基板は金属配線であることを特徴とする請求項1乃至4の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 前記下地絶縁膜は第3の窒素含有絶縁膜であることを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 前記下地絶縁膜はSiOC含有絶縁膜、SiOCH含有絶縁膜、SiOCHN含有絶縁膜のうち何れかであることを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項8】 基板上に下地絶縁膜を形成する工程と、前記下地絶縁膜上にシリコン含有絶縁膜を形成し、前記下地絶縁膜とシリコン含有絶縁膜とを含む層間絶縁膜を形成する工程と、前記層間絶縁膜のうち前記下地絶縁膜を残してエッチングし、開口部を形成する工程と、前記シリコン含有絶縁膜を酸素ガスのプラズマに曝し、前記シリコン含有絶縁膜を多孔質絶縁膜に変換する工程と、前記開口部の内面を含む層間絶縁膜の表面を前記C x H y のガスのプラズマに曝す工程と、前記開口部を通して前記下地絶縁膜をエッチングにより除去し、前記開口部の底部に基板を露出する工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項9】 前記基板は金属配線であることを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】 前記下地絶縁膜は窒素含有絶縁膜であることを特徴とする請求項8又は9記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】 前記下地絶縁膜はSiOC含有絶縁膜、SiOCH含有絶縁膜、SiOCHN含有絶縁膜のうち何れかであることを特徴とする請求項8又は9記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造

方法に関し、より詳しくは、低誘電率を有する層間絶縁膜にビアホール或いはコンタクトホールを形成する半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路装置の高集積度化、高密度化とともに、データ転送速度の高速化が要求されている。このため、配線材料に関して、従来のアルミニウム（Al）からより低抵抗の銅（Cu）に変わりつつある。さらに、この配線を取り巻く層間絶縁膜に関しては、従来のSiO₂膜（比誘電率4.0）から比誘電率の低いものが要求されるようになってきた。例えば、多孔質のSiO₂膜は比誘電率が2.0以下のものまで形成することができるようになっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の成膜方法により作成された多孔質のSiO₂膜は多孔質のため、空气中に放置した場合に水分を吸収し、又は成膜後に水洗処理した場合に水分を吸収し、誘電率が増加するという問題がある。特に、コンタクトホールやビアホールを形成した場合、コンタクトホール等の開口部の側壁からも水分が吸収されることがある。

【0004】また、水分が層間絶縁膜中を透過して下部配線層を腐食させるという問題がある。本発明は、上記の従来例の問題点に鑑みて創作されたものであり、低誘電率を有する層間絶縁膜を形成するとともに、層間絶縁膜にビアホールやコンタクトホールを形成したときでも層間絶縁膜の水分の吸収を抑制して層間絶縁膜の誘電率の増大を防止することができる半導体装置の製造方法を提供するものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、半導体装置の製造方法に係り、基板上に下地絶縁膜を形成する工程と、前記下地絶縁膜上にシリコン含有絶縁膜を形成し、前記下地絶縁膜とシリコン含有絶縁膜とを含む層間絶縁膜を形成する工程と、前記層間絶縁膜のうち前記下地絶縁膜を残してエッチングし、開口部を形成する工程と、前記シリコン含有絶縁膜を酸素ガスのプラズマに曝し、前記シリコン含有絶縁膜を多孔質絶縁膜に変換する工程と、前記開口部の内部及び外部の多孔質絶縁膜の表面にアンモニアガス、窒素ガス又は二窒化酸素ガスのうち何れか一のガスのプラズマに接触させて、前記開口部の内部及び外部の層間絶縁膜の表層に第1の窒素含有絶縁膜を形成する工程と、前記開口部を通して前記下地絶縁膜をエッチングにより除去し、前記開口部の底部に前記基板を露出する工程とを有することを特徴とし、請求項2記載の発明は、半導体装置の製造方法に係り、基板上に下地絶縁膜を形成する工程と、前記下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を形成し、少なくとも前記下地絶縁膜と多孔質絶縁膜とを含む層間絶縁膜を形成する工程と、前記層間絶縁膜のう

ち前記下地絶縁膜を残してエッチングし、開口部を形成する工程と、少なくとも前記開口部の内面にアンモニアガス、窒素ガス又は二窒化酸素ガスのうち何れか一のガスのプラズマに接触させて、少なくとも前記開口部の内面の層間絶縁膜の表層に第1の窒素含有絶縁膜を形成する工程と、前記開口部を通して前記下地絶縁膜をエッチングにより除去し、前記開口部の底部に前記基板を露出する工程とを有することを特徴とし、請求項3記載の発明は、請求項2記載の半導体装置の製造方法に係り、前記下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を形成し、少なくとも前記下地絶縁膜と多孔質絶縁膜とを含む層間絶縁膜を形成する工程は、前記下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を形成した後、さらに多孔質絶縁膜の表層に第2の窒素含有絶縁膜を形成し、前記下地絶縁膜と多孔質絶縁膜と前記第2の窒素含有絶縁膜とからなる層間絶縁膜を形成する工程であることを特徴とし、請求項4記載の発明は、請求項1乃至3の何れか一に記載の半導体装置の製造方法に係り、前記下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を形成する方法は、前記下地絶縁膜上にシリコン含有絶縁膜を形成した後、該シリコン含有絶縁膜を酸素ガスのプラズマに曝す方法であることを特徴とし、請求項5記載の発明は、請求項1乃至4の何れか一に記載の半導体装置の製造方法に係り、前記基板は金属配線であることを特徴とし、請求項6記載の発明は、請求項1乃至5の何れか一に記載の半導体装置の製造方法に係り、前記下地絶縁膜は第3の窒素含有絶縁膜であることを特徴とし、請求項7記載の発明は、請求項1乃至5の何れか一に記載の半導体装置の製造方法に係り、前記下地絶縁膜はSiOC含有絶縁膜、SiOCH含有絶縁膜、SiOCHN含有絶縁膜のうち何れかであることを特徴とし、請求項8記載の発明は、半導体装置の製造方法に係り、基板上に下地絶縁膜を形成する工程と、前記下地絶縁膜上にシリコン含有絶縁膜を形成し、前記下地絶縁膜とシリコン含有絶縁膜とを含む層間絶縁膜を形成する工程と、前記層間絶縁膜のうち前記下地絶縁膜を残してエッチングし、開口部を形成する工程と、前記シリコン含有絶縁膜を酸素ガスのプラズマに曝し、前記シリコン含有絶縁膜を多孔質絶縁膜に変換する工程と、前記開口部の内面を含む層間絶縁膜の表面を前記C_xH_yのガスのプラズマに曝す工程と、前記開口部を通して前記下地絶縁膜をエッチングにより除去し、前記開口部の底部に基板を露出する工程とを有することを特徴とし、請求項9記載の発明は、請求項8記載の半導体装置の製造方法に係り、前記基板は金属配線であることを特徴とし、請求項10記載の発明は、請求項8又は9記載の半導体装置の製造方法に係り、前記下地絶縁膜は窒素含有絶縁膜であることを特徴とし、請求項11記載の発明は、請求項8又は9記載の半導体装置の製造方法に係り、前記下地絶縁膜はSiOC含有絶縁膜、SiOCH含有絶縁膜、SiOCHN含有絶縁膜のうち何れかであることを特徴としている。

【0006】

【0007】以下に、上記本発明の構成により奏される作用を説明する。この発明の半導体装置の製造方法においては、窒素含有絶縁膜からなる下地絶縁膜、或いはSiOC含有絶縁膜、SiOCH含有絶縁膜、SiOCHN含有絶縁膜のうち何れか一からなる下地絶縁膜の上に多孔質絶縁膜を含む層間絶縁膜を形成し、その層間絶縁膜に開口部を形成している。

【0008】多孔質絶縁膜は低誘電率であるため層間絶縁膜に最適であるが、反面水分の透過性が高いため、配線等の上に直に形成した場合、配線の腐食が起こり易い。本願発明では、多孔質絶縁膜の下に窒素含有絶縁膜からなる下地絶縁膜、或いはSiOC含有絶縁膜、SiOCH含有絶縁膜、SiOCHN含有絶縁膜のうち何れか一からなる下地絶縁膜を敷いている。従って、この下地絶縁膜によって水分の透過が抑制されるので、配線等の腐食を防止することができる。

【0009】さらに、開口部を有する層間絶縁膜を形成した後、露出面をアンモニアガス、窒素ガス又は二窒化酸素ガスのうち何れか一のガスのプラズマに接触させて、開口部の内部及び外部の層間絶縁膜の表層に窒素含有絶縁膜を形成している。これにより、層間絶縁膜の表面全体が窒素含有絶縁膜により覆われるようになるため、層間絶縁膜への水分の透過をより一層抑制することができる。

【0010】また、開口部を有する多孔質層間絶縁膜を形成した後、開口部をC_xH_yのガスのプラズマに曝している。これにより、開口部内壁を含む多孔質層間絶縁膜の表面にはC_xH_y、例えばCH₃を含んだハイドロカーボン層からなるカバー絶縁膜を形成することができるため、耐湿性の向上を図ることができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

（第1の実施の形態）図1及び図2は本発明の第1の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。

【0012】まず、減圧可能なチャンバ内にシリコン基板1を搬入し、平行平板型電極のうちの下部電極を兼ねている基板保持台上にシリコン基板1を載せて300℃に加熱する。この温度を保持した状態で、流量約50SCCMのSiH₄と、流量約250SCCMのNH₃との混合ガスを導入し、チャンバ内のガス圧力を0.5 Torrにする。

【0013】次いで、シリコン基板1が保持されている下部電極に周波数400kHzの電力100Wを印加するとともに、下部電極に対向する上部電極に周波数13.56MHzの電力50Wを印加する。これにより、SiH₄とNH₃との混合ガスはプラズマ化する。この状態を保持して、図1(a)に示すように、プラズマCV

D法によりシリコン基板1の上にSiN膜(窒素含有絶縁膜)2を形成する。SiN膜2とはシリコン(Si)と窒素(N)とのみを含む絶縁膜のことをいう。

【0014】なお、SiN膜2の代わりにSiON膜を用いることができるが、SiON膜を形成する場合、SiH₄とNH₃の混合ガスにさらにN₂Oガスを加える。N₂Oガスの流量は、例えば、SiH₄の流量約50SCCM、かつNH₃の流量約250SCCMの場合、20SCCMとする。次いで、シリコン基板1を300℃に加熱した状態で、流量約50SCCMの(CH₃)₃SiOSi(CH₃)₃と、流量約25SCCMのO₂との混合ガスを導入し、ガス圧力を2Torrとする。続いて、下部電極に周波数400kHzの電力100Wを印加するとともに、上部電極に周波数13.56MHzの電力50Wを印加する。これにより、(CH₃)₃SiOSi(CH₃)₃とO₂との混合ガスはプラズマ化する。この状態を保持して、図1(b)に示すように、プラズマCVD法によりSiN膜2の上に膜厚約400nmのSiOCH膜3を形成する。SiOCH膜3とはシリコン(Si)と、酸素(O)と、炭素(C)と、水素(H)とのみを含む絶縁膜のことをいう。

【0015】次に、シリコン基板1を400℃に加熱した状態で、流量約25SCCMのO₂を導入し、ガス圧力を0.4Torrとする。続いて、下部電極に周波数400kHzの電力400Wを印加する。これにより、O₂はプラズマ化する。この状態を保持すると、SiOCH膜3中の炭素と外来の酸素とが反応してSiOCH膜3中に空孔が形成され、多数の空孔を有するSiOCH膜3が形成される。以降、多数の空孔を有するSiOCH膜を多孔質SiOCH膜という場合がある。

【0016】次いで、シリコン基板1を400℃に加熱した状態で、流量約25SCCMのNH₃を導入し、ガス圧力を0.4Torrとする。続いて、下部電極に周波数400kHzの電力400Wを印加する。これにより、NH₃はプラズマ化する。この状態を保持してSiOCH膜3の表層に窒素含有絶縁膜(カバー絶縁膜)4を形成する。SiN膜2とSiOCH膜3と窒素含有絶縁膜4とは全体として層間絶縁膜3aを形成する。以降、多孔質SiOCH膜を含む層間絶縁膜を多孔質層間絶縁膜という場合がある。

【0017】次に、多孔質層間絶縁膜3a上にフォトリソ膜5を形成した後、パターンニングして層間絶縁膜3aのコンタクトホールを形成すべき領域にフォトリソ膜5の開口部6を形成する。続いて、CF₄とCHF₃とO₂の混合ガスを用いたプラズマエッチング法により、フォトリソ膜5の開口部6を通して多孔質層間絶縁膜3aのうち窒素含有絶縁膜4と多孔質SiOCH膜3に開口部7aを形成する。

【0018】次いで、図2(a)に示すように、O₂を用いてアッシングしてフォトリソ膜5を除去し、さらに薬液処理によりフォトリソ膜5の残さを除去す

る。次に、図2(b)に示すように、流量約400SCCMのNH₃を導入し、ガス圧力を0.2Torrとする。続いて、下部電極に周波数400kHzの電力300Wを印加する。これにより、NH₃はプラズマ化する。この状態を保持して、図2(b)に示すように、開口部7aの内壁を含む層間絶縁膜3aの表層に窒素含有絶縁膜(カバー絶縁膜)4aを形成する。なお、NH₃の代わりにN₂を用い、同じ条件で窒素含有絶縁膜4aを形成することもできる。

【0019】次いで、図2(c)に示すように、Cl₂とO₂とCF₄との混合ガスを用いた異方性エッチングにより、開口部7aの底部に露出するSiN膜2をエッチングして除去し、開口部7bを形成する。これにより、新たな開口部7の底部にシリコン基板1が露出する。その後、図示しない配線用金属膜を形成してパターンニングし、上部の配線層を形成する。

【0020】以上のように、本発明の第1の実施の形態によれば、多孔質SiOCH膜3の上下をそれぞれ窒素含有絶縁膜4とSiN膜からなる下地絶縁膜2dで挟んだ多孔質層間絶縁膜3aを形成し、その多孔質層間絶縁膜3aに開口部7を形成している。即ち、多孔質SiOCH膜3の下にSiN膜からなる下地絶縁膜2を敷いている。従って、この下地絶縁膜2によって水分の透過が抑制されるので、多孔質層間絶縁膜3aの下方への水分の侵入を防止し、例えば下部の配線等の腐食を防止することができる。

【0021】さらに、図2(a)に示すように、多孔質層間絶縁膜3aに開口部7aを形成する工程の後、露出面をアンモニアガスのプラズマに接触させて、多孔質層間絶縁膜3aの表面及び開口部7aの側壁にそれぞれSiN膜4、4aを形成している。これにより、開口部7aを含む多孔質層間絶縁膜3aの表面全体がSiN膜4、4aにより覆われるようになるため、多孔質層間絶縁膜3a及びその下方への水分の侵入をより一層抑制することができる。

【0022】以上のように、多孔質層間絶縁膜3aの耐湿性の向上を図ることができるので、低誘電率特性を損なうことなく、上下の配線—電極等の間の良好なコンタクト抵抗を得ることができる。従って、高速ロジック半導体集積回路において多孔質層間絶縁膜3aへのコンタクトホールの形成方法として有効であり、層間絶縁膜の低誘電率化による高速化に対する効果は著しい。

(第2の実施の形態) 図3及び図4は本発明の第2の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。

【0023】第1の実施の形態と異なるところは、下地絶縁膜12としてSiN膜の代わりにSiOCH膜を用いていること、及び開口部16aの内壁を含む多孔質層間絶縁膜13の表層にC_xH_y、例えばCH₃を含んだハイドロカーボン層(カバー絶縁膜)17を形成している

ことである。以下に、その製造方法について説明する。

【0024】まず、減圧可能なチャンバ内にウエハ11を搬入し、平行平板型電極のうちの下部電極を兼ねている基板保持台上にウエハ11を載せて300℃に加熱する。ウエハ11表面にはシリコン基板が露出しているとす。この基板加熱温度を保持した状態で、流量約50SCCMの $(\text{CH}_3)_3\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_3$ と、流量約25SCCMの O_2 との混合ガスを導入し、ガス圧力を2Torrとする。

【0025】次に、下部電極に周波数400kHzの電力100Wを印加するとともに、下部電極に対向する上部電極に周波数13.56MHzの電力50Wを印加する。これにより、 $(\text{CH}_3)_3\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_3$ と O_2 はプラズマ化する。この状態を保持して、図3(a)に示すように、プラズマCVD法によりウエハ11表面のシリコン基板上に膜厚約20nmの SiOCH 膜12を形成する。なお、 SiOCH 膜12とはシリコン(Si)と、酸素(O)と、炭素(C)と、水素(H)とのみを含む絶縁膜のことをいう。

【0026】次いで、ウエハ11を温度300℃に加熱した状態で、流量約50SCCMの $(\text{CH}_3)_3\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_3$ と、流量約25SCCMの O_2 との混合ガスを導入し、ガス圧力を2Torrとする。続いて、下部電極に周波数400kHzの電力100Wを印加するとともに、下部電極に対向する上部電極に周波数13.56MHzの電力50Wを印加する。これにより、 $(\text{CH}_3)_3\text{SiOSi}(\text{CH}_3)_3$ と O_2 との混合ガスはプラズマ化する。この状態を保持して、図3(b)に示すように、プラズマCVD法により SiOCH 膜12の上に膜厚約400nmの SiOCH 膜13を形成する。

【0027】次に、 SiOCH 膜13上にフォトレジスト膜14を形成した後、フォトレジスト膜14をパターニングして SiOCH 膜13のコンタクトホールを形成すべき領域にフォトレジスト膜14の開口部15を形成する。続いて、図3(c)に示すように、 CF_4 と CHF_3 と O_2 の混合ガスを用いたプラズマエッチング法により、フォトレジスト膜14の開口部15を通して SiOCH 膜13に開口部16aを形成する。

【0028】次いで、 O_2 を用いてアッシングしてフォトレジスト膜14を除去し、さらに薬液処理によりフォトレジスト膜14の残さを除去する。次に、ウエハ11を400℃に加熱した状態で、流量約25SCCMの O_2 を導入し、ガス圧力を0.4Torrとする。続いて、下部電極に周波数400kHzの電力400Wを印加する。これにより、 O_2 はプラズマ化する。図3(d)に示すように、この状態を保持すると、 SiOCH 膜13中の炭素と外来の酸素とが反応して炭素が除去され、膜中に空孔が形成される。これにより、多孔質 SiOCH 膜13が形成される。

【0029】次いで、図4(a)に示すように、ウエハ11を400℃に加熱した状態で、流量約100SCCMの

C_xH_y を導入し、ガス圧力を約0.4Torrとする。続いて、下部電極に周波数400kHzの電力400Wを印加して C_xH_y をプラズマ化する。この状態を保持して、図4(a)に示すように、開口部16aの内壁を含む多孔質 SiOCH 膜13の表層に C_xH_y を含有するハイドロカーボン層(カバー絶縁膜)17を形成する。 SiOCH 膜12と多孔質 SiOCH 膜13とハイドロカーボン層17とは全体として多孔質層間絶縁膜13aを形成する。

【0030】次いで、図4(b)に示すように、 CF_4 と CHF_3 と O_2 との混合ガスを用いた異方性エッチングにより、開口部16aの底部に露出する SiOCH 膜12をエッチングして除去し、開口部16bを形成する。これにより、新たな開口部16の底部にシリコン基板11が露出する。その後、図示しない配線用金属膜を形成してパターニングし、上部の配線層を形成する。

【0031】以上のように、この発明の半導体装置の製造方法においては、 SiOCH 膜からなる下地絶縁膜12上に多孔質 SiOCH 膜13を形成し、その多孔質 SiOCH 膜13に開口部16aを形成している。従って、この下地絶縁膜12によって下の層への水分の浸透が抑制されるので、シリコン基板への汚染物の付着やシリコン基板表面の電極等の腐食を防止することができる。

【0032】また、多孔質 SiOCH 膜13に開口部16aを形成する工程の後、開口部16aを C_xH_y のガスのプラズマに曝している。これにより、開口部16a内壁を含む多孔質 SiOCH 膜13の表面に C_xH_y を含んだハイドロカーボン層17を形成することができるため、耐湿性の向上を図ることができる。この場合も、第1の実施の形態と同様に、多孔質層間絶縁膜13aの耐湿性の向上を図ることができるので、低誘電率特性を損なうことなく、上下の配線-電極等の間の良好なコンタクト抵抗を得ることができる。従って、高速ロジック半導体集積回路において多孔質層間絶縁膜13aへのコンタクトホールの形成方法として有効であり、層間絶縁膜13aの低誘電率化による高速化に対する効果は著しい。

【0033】(第3の実施の形態)図5は、本発明の第3の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を示す断面図である。第1及び第2の実施の形態と異なるところは、ウエハはシリコン基板上に形成された下部絶縁膜21の上にA1膜22aとその上のTi膜22bとからなる下部配線22が形成されていることである。

【0034】図5は、このウエハに本発明を適用して多孔質層間絶縁膜24aと、下部配線22上の開口部26とを形成した後の断面図である。図5中、23は第1又は第2の実施の形態で用いたものと同じ材料からなる下地絶縁膜、24は第1又は第2の実施の形態で用いたものと同じ材料からなる多孔質絶縁膜、25は第1又は第

2の実施の形態で用いたものと同じ材料からなるカバー絶縁膜である。

【0035】第3の実施の形態の場合、この下地絶縁膜23やカバー絶縁膜25によって多孔質層間絶縁膜24a及びその下方への水分の侵入が抑制されるので、下部配線22の腐食を防止することができる。この場合も、第1の実施の形態と同様に、多孔質層間絶縁膜24aの耐湿性の向上を図ることができるので、低誘電率特性を損なうことなく、上下部の配線層同士の良好なコンタクト抵抗を得ることができる。従って、高速ロジック半導体集積回路において層間絶縁膜24aへのコンタクトホール形成方法として有効であり、層間絶縁膜24aの低誘電率化による高速化に対する効果は著しい。

【0036】以上、実施の形態によりこの発明を詳細に説明したが、この発明の範囲は上記実施の形態に具体的に示した例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の上記実施の形態の変更はこの発明の範囲に含まれる。例えば、第1の実施の形態において多孔質SiOCH膜3の下にSiN膜2を敷いているが、他の絶縁膜、例えばSiON膜やSiOCH膜を敷いてもよい。第2の実施の形態において多孔質SiOCH膜13の下にSiOCH膜を敷いているが、他の絶縁膜、例えばSiN膜やSiON膜を敷いてもよい。また、第1及び第2の実施の形態においてこれらの下地絶縁膜の代わりにSiOC膜、又はSiOCHN膜のうち何れか一方からなる下地絶縁膜を敷いてもよい。なお、SiOC膜とはSi、O、Cのみを含む絶縁膜のことをいい、SiOCHN膜とはSi、O、C、H、Nのみを含む絶縁膜のことをいう。この場合、SiOC膜は、例えば流量50SCCMの(CH₃)₃SiOSi(CH₃)₃を用いたプラズマCVD法により、ガス圧1Torrに調整し、下部電極に周波数400kHzの電力200Wを印加して形成し、SiOCHN膜は、SiOCH膜の成膜ガス即ち(CH₃)₃SiOSi(CH₃)₃とO₂の混合ガスに、微量のN₂Oを加えたガスを用いたプラズマCVD法により形成することができる。

【0037】さらに、第1の実施の形態において、多孔質層間絶縁膜3aに開口部7aを形成する工程の後、露出面をアンモニアガスと接触させて開口部7aの内壁を含む多孔質層間絶縁膜3aの表面に窒素含有絶縁膜4、4aを形成しているが、窒素ガス又は二窒化酸素ガスのうち何れか一方のガスのプラズマに接触させてもよい。また、図2(a)に示すように、レジスト膜5を除去した後に開口部7aの内壁をアンモニアガス等の窒素含有ガスに接触させているが、レジスト膜5を残したまま開口部7aの内壁をアンモニアガス等の窒素含有ガスに接触させてもよい。処理条件はレジスト膜を除去した場合と同じとすることができる。

【0038】また、上記実施の形態において、多孔質絶縁膜3、13、24として、多孔質SiOCH膜を用い

ているが、その代わりに多孔質SiOC膜、又は多孔質SiOCHN膜のうち何れか一方を用いてもよい。

【0039】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、窒素含有絶縁膜、SiOC含有絶縁膜、SiOCH含有絶縁膜、又はSiOCHN含有絶縁膜のうち何れか一方からなる下地絶縁膜上に多孔質絶縁膜を含む多孔質層間絶縁膜を形成し、その多孔質層間絶縁膜に開口部を形成している。

【0040】従って、この下地絶縁膜によって水分の透過が抑制されるので、配線等の腐食を防止することができる。さらに、開口部を有する層間絶縁膜を形成した後、露出面をアンモニアガス、窒素ガス又は二窒化酸素ガスのうち何れか一方のガスのプラズマに接触させて、層間絶縁膜の表面及び開口部の側壁に窒素含有絶縁膜を形成している。

【0041】これにより、多孔質層間絶縁膜の表面全体が窒素含有絶縁膜により覆われるようになるため、多孔質層間絶縁膜への水分の透過をより一層抑制することができる。また、開口部を有する層間絶縁膜を形成した後、開口部をC_xH_yのガスのプラズマに曝している。これにより、開口部内壁を含む多孔質層間絶縁膜の表面にC_xH_yを含んだハイドロカーボン層を形成することができるため、耐湿性の向上を図ることができる。

【0042】以上のように、多孔質層間絶縁膜の耐湿性の向上を図ることができるので、低誘電率特性を損なうことなく、上下部の配線層同士の良好なコンタクト抵抗を得ることができる。従って、高速ロジック半導体集積回路において多孔質層間絶縁膜へのコンタクトホールの形成方法として有効であり、低誘電率の層間絶縁膜による高速化に対する効果は著しい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態である半導体装置の製造方法を示す断面図（その1）である。

【図2】本発明の第1の実施の形態である半導体装置の製造方法を示す断面図（その2）である。

【図3】本発明の第2の実施の形態である半導体装置の製造方法を示す断面図（その1）である。

【図4】本発明の第2の実施の形態である半導体装置の製造方法を示す断面図（その2）である。

【図5】本発明の第3の実施の形態である半導体装置の製造方法を示す断面図である。

【符号の説明】

- 1、11 シリコン基板
- 2、12、23 下地絶縁膜
- 3、13、24 多孔質SiOCH膜
- 3a、13a、24a 多孔質層間絶縁膜
- 4、17、25 カバー絶縁膜（窒素含有絶縁膜又はハイドロカーボン層）
- 5、14 フォトリソグレイ膜

6, 7, 7a, 7b 開口部

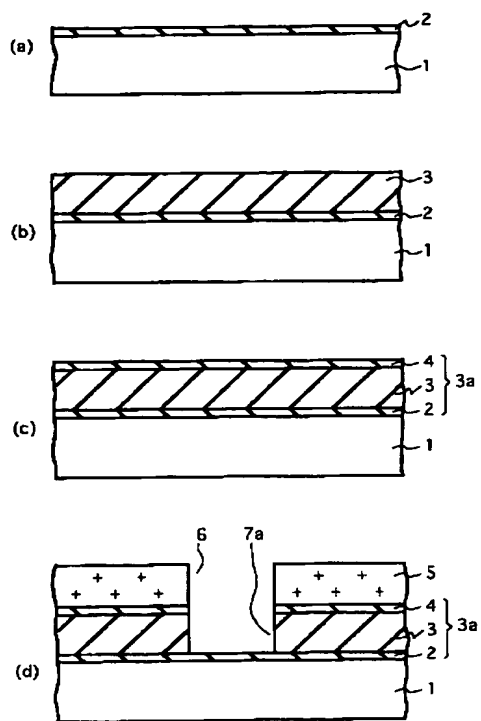
21 下部絶縁膜

22 下部配線

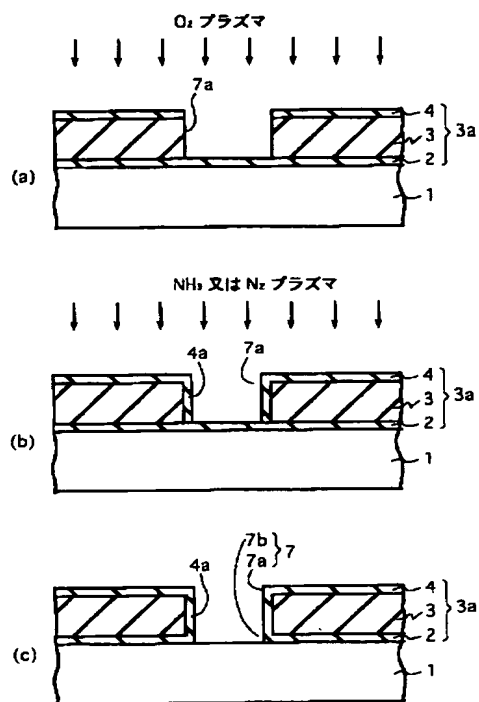
22a Al膜

22b Ti膜

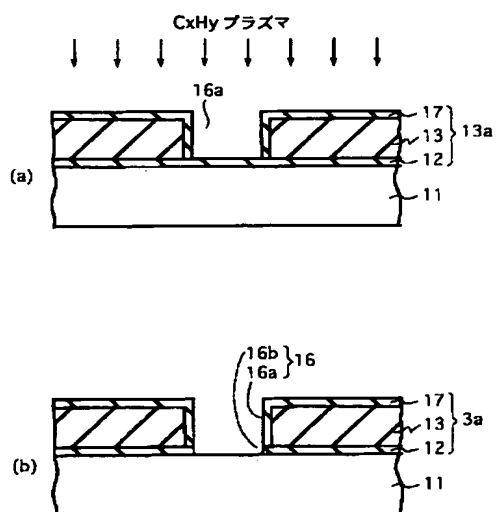
【図1】



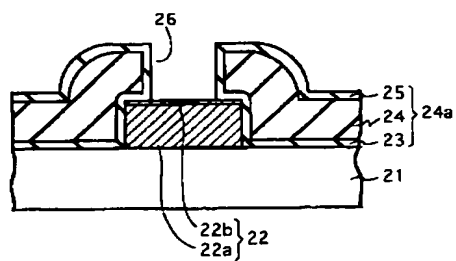
【図2】



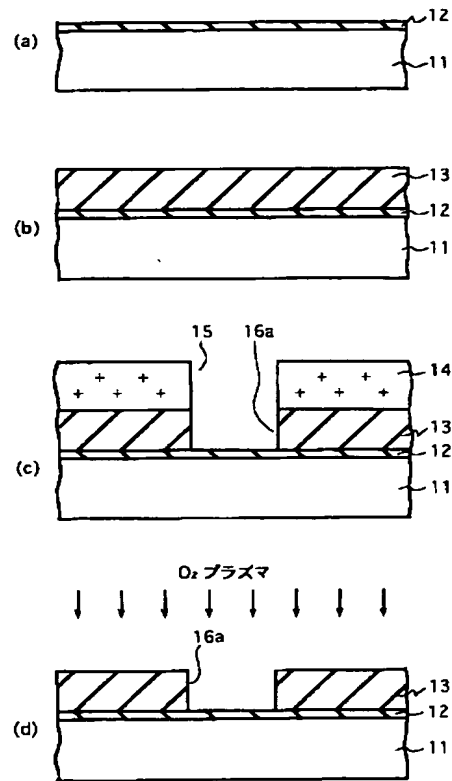
【図4】



【図5】



【図3】



フロントページの続き

(72) 発明者 前田 和夫
 東京都港区港南 2-13-29 株式会社半
 導体プロセス研究所内
 (72) 発明者 塩谷 喜美
 東京都港区港南 2-13-29 株式会社半
 導体プロセス研究所内
 (72) 発明者 大平 浩一
 東京都港区港南 2-13-29 株式会社半
 導体プロセス研究所内

(56) 参考文献 特開 平 8-64680 (J P, A)
 特開 2001-298023 (J P, A)
 特開 平 4-309228 (J P, A)
 特開 平 10-229083 (J P, A)

(58) 調査した分野 (Int. Cl. 7, D B 名)
 H01L 21/3205
 H01L 21/321
 H01L 21/3213
 H01L 21/768